

3. Пряжникова Е. Поучительная история о развитии профессионального самоопределения в России [Электронный ресурс] / Е. Пряжникова. – Режим доступа: <http://psyparents.ru/read/articles/2300>.

4. Авдеев. Л.Г. Професійна орієнтація: народження, становлення, розвиток/ Л.Г. Авдеев // Ринок праці та зайнятість населення. – 2010. – №2 – с.16-20.

5. Анісімов М.В. Теоретико-методологічні основи прогнозування моделей у професійно-технічних навчальних закладах: [монографія] / М.В. Анісімов – Київ-Кіровоград: Поліграфічне підприємство «Поліум», 2011. – 464 с.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Остапчук Надія Володимирівна – старший лаборант кафедри теорії та методики технологічної підготовки, охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Коло наукових інтересів: проблеми професійної орієнтації на сучасному етапі розвитку суспільства.

ДО ВИВЧЕННЯ ТЕМИ «КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ» У КУРСІ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА

Олег ЦАРЕНКО, Олександр НАЗАРЕНКО

У статті розглянуто орієнтовний зміст лекції на тему «Композиційні матеріали» – основні поняття, властивості, становлення технологій, застосування сучасних композитів.

Ключові слова: композиційні матеріали, матеріалознавство, підготовка учителів технологій, лекційні заняття, використання композиційних матеріалів.

The article deals with the approximate meaning lecture on "Composite" – basic concepts, properties, development of technology, the use of advanced composites.

Keywords: composite materials, materials, training teachers technology lectures, the use of composite materials.

Постановка проблеми. На сучасному етапі науково-технічного прогресу все більше зростає потреба в економічних і високоякісних матеріалах із заданими технологічними параметрами. Так, сучасна техніка використовує понад 22 000 конструкційних матеріалів, переважна більшість яких створена штучно. Створення композиційних матеріалів вважається одним з найперспективніших шляхів отримання матеріалів з новими технологічними властивостями і в багатьох галузях промисловості займає ключові позиції [1;3].

Фахова підготовка вчителів за напрямком «Технологічна освіта» передбачає вивчення матеріалознавства як обов'язкової дисципліни. *Матеріалознавство* – це наука, яка вивчає залежність між складом, будовою й властивостями металів і сплавів та закономірності їхньої зміни під дією зовнішніх факторів: теплових, хімічних, механічних, електромагнітних, радіоактивних тощо. Однак, швидкі темпи розвитку сучасних технологій одержання нових конструкційних матеріалів набагато випереджають навчальну програму з курсу матеріалознавства та не розглядаються навіть у

самих останніх навчальних посібниках. Прикладом таких матеріалів є *композиційні матеріали* (КМ).

Метою даної статті є аналіз можливого змісту лекції на тему «Композиційні матеріали» з курсу матеріалознавства. Матеріал статті буде корисним не лише студентам напряму підготовки «Технологічна освіта», а й студентам напрямів підготовки «Фізика*» та «Хімія*», освітньо-професійною програмою яких передбачено вивчення елементів матеріалознавства.

Лекція на тему «Композиційні матеріали» читається у змістовому модулі «Конструкційні неметалеві матеріали» та має на меті оглядово розглянути основні КМ, що використовуються в техніці; їх структуру та специфічні властивості, порівняно з металами й неметалами; галузі застосування композиційних матеріалів.

У лекції пропонується розглянути два основних питання:

1. Поняття композиційного матеріалу. Вплив структури КМ на їх властивості.

2. Основні КМ, їх властивості та застосування.

Розглядаючи *перше питання*, важливо акцентувати увагу студентів на тому, що в історії розвитку техніки може бути виділено два важливих напрямки:

- розвиток інструментів, конструкцій, механізмів і машин,
- розвиток матеріалів.

Однак, з'ясувати який з них головніший – складно, бо вони тісно взаємопов'язані. І все ж без розвитку матеріалів, – технічний прогрес неможливий у принципі. Не випадково, історики поділяють ранні цивілізаційні епохи на кам'яний вік, бронзовий вік і вік залізний. Нинішнє ж ХХІ ст. можна віднести до століття композиційних матеріалів (композитів).

Композиційні матеріали – це штучні багатокомпонентні матеріали, що складаються з основи – *матриці*, і *наповнювачів*, які відіграють зміцнювальну та деякі інші ролі. Між фазами (компонентами) композиту є межа розділу фаз. Поєднання різнорідних речовин призводить до створення нового матеріалу, властивості якого істотно відрізняються від властивостей кожного з його складових. Тобто ознакою КМ є помітний взаємний вплив складових елементів композиту – їх нову якість. Варіюючи склад матриці та наповнювача, їх співвідношення, застосовуючи спеціальні додаткові компоненти (адитиви), отримують широкий спектр матеріалів з необхідним набором властивостей [1].

Поняття «композиційний матеріал» сформувалося ще в середині минулого, ХХ століття, хоча композити не зовсім нове явище, а лише новий термін, запропонований матеріалознавцями для кращого розуміння генезису сучасних конструкційних матеріалів. КМ відомі протягом століть. Наприклад, ще у стародавньому Вавилоні використовували очерет для армування глини при спорудженні житла, а стародавні єгиптяни додавали

січену соломі в глиняні цеглини. У Стародавній Греції залізними прутами зміцнювали мармурові колони при спорудженні палаців і храмів. У XVI ст. при будівництві храму Василя Блаженного в Москві російські зодчі Барма і Постник використовували армовані залізними смугами кам'яні плити [2]. Прямими попередниками сучасних композиційних матеріалів були відомі в історії техніки булатні сталі та залізобетон.

Існують й природні аналоги КМ – деревина, кістки, панцирі, шкіра тощо. Багато видів природних мінералів фактично являють собою композити. Природні композити не тільки міцні, але часто володіють чудовими декоративними властивостями.

Велике значення на властивості КМ мають розташування елементів, як в напрямках діючих навантажень, так і один відносно іншого, тобто впорядкованість. Високоміцні композити, як правило, мають високовпорядковану структуру. На властивості КМ значною мірою впливають умови отримання.

У даний час до складу КМ, прийнято включати різноманітні штучні матеріали, що розробляються і впроваджуються у різних галузях техніки і промисловості та відповідають загальним принципам створення композитних матеріалів. Матрицями в КМ є метали, полімери, цементи і кераміка. У вигляді наповнювачів використовуються найрізноманітніші штучні та природні речовини в різних формах (великорозмірні, листові, волокнисті, дисперсні, дрібнодисперсні, мікродисперсні, наночастинки). Відомі також багатокомпонентні композиційні матеріали [3]:

- *поліматричні*, коли в одному композиційному матеріалі поєднують кілька матриць;

- *гібридні*, що включають кілька різних наповнювачів, кожен з яких відіграє свою роль.

Наповнювач, як правило, визначає міцність, жорсткість і деформованість композиту, а матриця забезпечує його монолітність, передачу напружень і стійкість до різних зовнішніх впливів.

Розробляються КМ зі спеціальними властивостями, наприклад радіопрозорі матеріали і радіопоглинаючі матеріали, матеріали з особливими оптичними властивостями, матеріали для теплового захисту ракетно-космічних апаратів, матеріали з малим коефіцієнтом лінійного термічного розширення і високим питомим модулем пружності та інші. Особливе місце займають декоративні КМ, створювані для вирішення архітектурних і дизайнерських завдань, потреба в яких постійно зростає.

КМ використовуються у всіх галузях науки, техніки, промисловості, в т.ч. в житловому, промисловому і спеціальному будівництві, загальному і спеціальному машинобудуванні, металургії, хімічній промисловості, енергетиці, електроніці, побутовій техніці, виробництві одягу і взуття, медицині, спорті, мистецтві тощо.

Друге питання даної теми варто розпочати із класифікації КМ. За механічною структурою композити поділяються на кілька основних класів: волокнисті, шаруваті, дисперснозміцнені, зміцнені частинками і нанокомпозити.

Волокнисті композити армуються волокнами або ниткоподібними кристалами. Навіть невеликий вміст наповнювача в композитах такого типу приводить до істотного поліпшення механічних властивостей матеріалу. Широко варіювати властивості матеріалу дозволяє також зміна орієнтації розміру і концентрації волокон.

У шаруватих композиційних матеріалах матриця і наповнювач розташовані шарами, як, наприклад, у склі-триплексі, фанері, клеєних дерев'яних конструкціях тощо.

Мікроструктура решти класів композиційних матеріалів характеризується тим, що матрицю наповнюють частинками армуючої речовини, а розрізняються вони розмірами частинок. У композитах, зміцнених частинками, розмір армуючих частинок більше 1 мкм, а їх вміст становить 20–25% (за об'ємом), тоді як дисперснозміцнені композити включають в себе від 1 до 15% (за об'ємом) частинок розміром від 0,01 до 0,1 мкм. Розміри частинок, що входять до складу нанокомпозитів ще менші та складають 10–100 нм.

Для майбутніх вчителів технологічної освіти доцільно розглянути основні розповсюджені композити, до яких відносяться такі:

Бетони – найпоширеніші КМ. В даний час виробляється велика номенклатура бетонів, що відрізняються за складом і властивостями. Сучасні бетони виготовляються як на традиційних цементних матрицях, так і на полімерних (епоксидних, поліефірних, фенолоформаль-дегідних, акрилових і т.д.). Сучасні високоефективні бетони за міцністю наближаються до міцності металів. Популярними стають декоративні бетони [4].

Органопластики – композити, в яких наповнювачами слугують органічні синтетичні, рідше – природні та штучні волокна у вигляді джгутів, ниток, тканин, паперу і т.д. У термореактивних органопластиках роль матриці, зазвичай, відіграють епоксидні, поліефірні та фенольні смоли, а також поліаміди. Органопластики володіють малою густиною, вони легші скло- і вуглепластиків, володіють відносно високою міцністю при розтягуванні; високим опором до ударів і динамічних навантажень, але, в той же час, малою за значенням міцністю при стиску і згині. За обсягами виробництва органопластики перевершують сталі, алюміній і пластмаси. На сьогодні органопластики найчастіше застосовуються в КМ, де потрібна особлива міцність і легкість, для армування автомобільних покришок, при виготовленні засобів індивідуального бронезахисту.

У зарубіжній літературі стають популярними нові терміни в цій галузі – біополімери, біопластики і відповідно – біокомпозити [5].

До найбільш поширених органопластиків відносяться *деревні композиційні матеріали*, які займають друге місце за поширеністю серед композиційних матеріалів. У цю групу входять арболіти, ксилоліти, цементностружкові плити, клеєні дерев'яні конструкції, фанера і гнотоклеєні деталі, деревні пластики, деревостружкові та деревоволокнисті плити і балки, деревні пресмаси і преспорошки, термопластичні деревинно-полімерні композити.

Склопластики – полімерні композиційні матеріали, армовані скляними волокнами, які формують з розплавленого неорганічного скла. Матрицею найчастіше тут слугують як термореактивні синтетичні смоли (фенольні, епоксидні, поліефірні і т.д.), так і термопластичні полімери (поліаміди, поліетилен, полістирол і т.д.). Склопластики володіють високою міцністю, низькою теплопровідністю, високими електроізоляційними властивостями, до того ж, вони прозорі для радіохвиль. Шаруватий матеріал, у якому як наповнювач застосовується тканина, плетена зі скляних волокон, називається *склотекстолітом*. Склопластики застосовують в різних галузях машинобудування, з яких слід особливо відзначити автомобільну промисловість, верстатобудування, вагонобудування (це дахи та сидіння автобусів і вагонів, кузова та деталі автомашин, контейнери, цистерни і т.д.). Склопластики також застосовують для виробництва спортивного інвентарю та товарів народного споживання – крісла, квіткарки, вудки, огороження балконів, мотошоломи і багато іншого).

Вуглепластики – наповнювачем у цих полімерних композитах слугують вуглецеві волокна. Вуглецеві волокна отримують із синтетичних і природних волокон на основі целюлози, сополімерів акрилонітрилу, нафтових і кам'яновугільних пеків. Матрицями у вуглепластиках можуть бути як термореактивні, так і термопластичні полімери. Основними перевагами вуглепластиків порівнянно зі склопластиками є їх низька густина і більш високий модуль пружності, вуглепластики – дуже легкі і, в той же час, міцні матеріали. На основі вуглецевих волокон і вуглецевої матриці створюють композиційні вуглеграфітові матеріали – найбільш термостійкі композиційні матеріали (вуглець-вуглепластики), здатні довго витримувати в інертних або відновлювальних середовищах температуру до 3000 °С.

Вуглепластики успішно замінюють метали та використовуються при виготовленні легких, але міцних деталей у ракетно-космічній техніці, літако- та вертольотобудуванні, судно- та автомобілебудуванні.

Боропластики – композиційні матеріали, що містять як наповнювача борні волокна, впроваджені в термореактивну полімерну матрицю, при цьому волокна можуть бути як у вигляді монониток, так і у вигляді джгутів, обплетених допоміжною скляною ниткою або стрічкою, або у яких борні нитки переплетені з іншими нитками. Застосування боропластиків обмежується високою вартістю виробництва борних волокон, тому вони

використовуються головним чином в авіаційній і космічній техніці в деталях, що піддаються тривалим навантаженням в умовах агресивного середовища.

Пресспорошки. Відомо більше 10000 марок наповнених полімерів. Наповнювачі використовуються як для зниження вартості матеріалу, так і для надання йому спеціальних властивостей. Вперше наповнений полімер почав виробляти Бакеланд (L.N. Baekeland, США), який відкрив на початку XX ст. спосіб синтезу фенолформальдегідної (бакелітової) смоли. Ця смола – речовина крихка, що володіє невисокою міцністю. Бакеланд виявив, що добавка волокон, зокрема, деревної муки до смоли перед процесом її твердіння, збільшує міцність утворюваного матеріалу. Створений таким чином матеріал – *бакеліт* – набув великої популярності. Технологія його приготування проста: суміш частково затверділого полімеру і наповнювача – пресспорошку – під тиском необоротно твердне у формі. Перше серійне виробництво за даною технологією розпочато в 1916 році, це – ручка перемикача швидкостей автомобіля «Роллс-Ройс». На сьогодні наповнені термореактивні полімери широко використовуються в різних галузях техніки. Для наповнення термореактивних і термопластичних полімерів застосовуються різноманітні наповнювачі – деревне борошно, каолін, крейда, тальк, слюда, сажа, скловолокно, базальтове волокно та інші.

Текстоліти – шаруваті пластики, армовані тканинами з різних волокон. Технологія отримання текстолітів була розроблена в 1920-х роках на основі фенолформальдегідних смол. Полотна тканини просочують смолою, потім пресують при підвищеній температурі, отримуючи текстолітові пластини або фасонні вироби. Зв'язувальними в текстоліті є широке коло термореактивних і термопластичних полімерів, а іноді й неорганічні зв'язуючі на основі силікатів і фосфатів. Як наповнювач використовуються тканини з найрізноманітніших волокон – бавовняних, синтетичних, скляних, вуглецевих, азбестових, базальтових тощо. Відповідно отримують різноманітні властивості та застосування текстолітів.

Композиційні матеріали з металевою матрицею. При створенні композитів на основі металів у вигляді матриці застосовують алюміній, магній, нікель, мідь і т.д. Наповнювачем слугують високоміцні волокна, тугоплавкі частинки різної дисперсності, ниткоподібні монокристали оксиду алюмінію, оксиду берилію, карбідів бору і кремнію, нітриду алюмінію і кремнію довжиною 0,3-15 мм і діаметром 1-30 мкм.

Основними перевагами КМ з металевою матрицею порівняно зі звичайним металом є: підвищена міцність, підвищена жорсткість, значний опір зносу та повзучості.

Композиційні матеріали на основі кераміки. Армування керамічних матеріалів волокнами, а також металевими і керамічними дисперсними частинками дозволяє отримувати високоміцні композити. Однак, асортимент волокон, придатних для армування кераміки, обмежений властивостями вихідного матеріалу. Часто використовують металеві волокна. Опір

розтягуванню зростає незначно, зате підвищується опір теплових ударів – матеріал менше розтріскується при нагріванні, але можливі випадки, коли міцність матеріалу зменшується. Це залежить від співвідношення коефіцієнтів термічного розширення матриці та наповнювача.

Армування кераміки дисперсними металевими частинками дозволяє створювати нові матеріали – *кермети*, з підвищеною стійкістю, стійкістю щодо теплових ударів, з підвищеною теплопровідністю. З високотемпературних керметів роблять деталі для газових турбін, арматуру електропечей, деталі для ракетної та реактивної техніки. Тверді зносостійкі кермети використовують для виготовлення різальних інструментів і деталей. Крім того, кермети застосовують у спеціальних галузях техніки – це тепловиділяючі елементи атомних реакторів на основі оксиду урану, фрикційні матеріали для гальмівних пристроїв і т.д.

Завершуючи дане питання, корисно розглянути особливий вид КМ – *синтетичні метали*, які є одним із різновидів нанокомпозитів. У 80-х роках ХХ ст. була висловлена гіпотеза, що високою електропровідністю і навіть надпровідністю можуть володіти органічні речовини – типові неметали, які було названо *синтетичними металами*. Це в першу чергу так звані комплекси з перенесенням заряду й іон-радикальні солі, утворені органічними, координаційними й полімерними сполуками. Комплекс з перенесенням заряду – це пара молекул, в яких електронний заряд частково від однієї з них переходить до іншої, забезпечуючи стабільність сполуки завдяки кулонівському притягання. Комплекси з перенесенням заряду можуть також утворюватися між частинами однієї великої молекули. Молекулу, що відає електрон називають донором електрона, іншу – акцептором електрона. При утворенні комплексу з перенесенням заряду справжнього хімічного зв'язку не виникає, енергія зв'язку комплексу набагато менша характерних значень енергій ковалентних зв'язків.

Ще алхіміки середньовіччя, намагаючись виготовити золото, синтезували безліч речовин. Деякі з них стали звичайними реактивами сучасної хімії. Але більша частина «продукції» експериментальної творчості алхіміків незаслужено забута. Разом з тим не виключено, що алхімічні здобутки можуть становити інтерес навіть для науки нашого часу. Так, у 1974 році група канадських хіміків зайнялася вивченням так званого «золота алхіміків» – продукту дійсно золотавих кольорів, але який не має, звичайно, нічого спільного із золотом. Було встановлено, що одна із сполук, що входить до складу цього продукту, має склад $\text{Hg}_{2,86}\text{AsF}_6$. Результат дослідження цієї сполуки виявився сенсаційним: сполука, відома принаймні три сторіччя, виявилася синтетичним металом із провідністю $8000 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$. У ній ртуть утворює полімерні ланцюжки зі зв'язками метал-метал, причому відстань між атомами Hg дорівнює 0,264 нм, що істотно менше, ніж у металевій ртуті (0,3005 нм).

1810 року були синтезовані тетраціаноплатинатні солі $K_2Pt(CN)_4Cl_{0,3} \cdot 3H_2O$ і $K_2Pt(CN)_4Br_{0,3} \cdot 3H_2O$. Однак, лише в роботах 90-х років минулого століття було вперше встановлено, що ці комплекси представляють собою провідники, які при зниженні температури переходять у наддіелектрики – речовини з надзвичайно великою діелектричною проникністю. Разом з недавно отриманими аналогічними сполуками, що володіють електрофізичними характеристиками металів, вони стали об'єктами численних досліджень учених різних країн.

В 1910 році був синтезований неорганічний полімер – *політіазил* $(SN)_x$, а через багато років було виявлено, що цей полімер має напівпровідникові властивості. 1972 року, аналізуючи перспективи одержання надпровідників на основі полімерних сполук, було вказано на необхідність вивчення кристалічного політіазилу як можливого синтетичного металу. Дійсно, в 1973 році групою американських фізиків було показано, що кристали цього сильно анізотропного полімеру проявляють провідність металевого типу, а в 1975 році було виявлено, що $(SN)_x$ переходить у надпровідний стан при 0,26 К.

На початку 60-х років ХХ ст. у хіміків-технологів особливу популярність одержала робота У. Літгла [6], у якій було спрогнозовано, що в деяких органічних макромолекулах, (а саме в довгих полімерних ланцюгах, що мають розвинену систему спряжених зв'язків) може виникати не тільки властива металам електронна провідність, але й надпровідність, при температурах істотно вищій кімнатної. В кінці 60-х років були отримані квазіодномірні органічні комплекси з перенесенням заряду у вигляді кристалів, які поводитися то як діелектрики, то як провідники: при відносно високих температурах ці сполуки були квазіодномірними металами, а при зниженні температури до певної величини органічний метал ставав наддіелектриком.

Завершуючи лекцію, варто звернути увагу студентів, що удосконалення технологічних процесів КМ ведеться в напрямку підвищення якості виробів з них і збільшення продуктивності на всіх операціях. З цією метою розробляються й впроваджуються процеси одержання ультратонких порошків з розміром часток кілька нанометрів. Наприклад, це процеси розкладання матеріалів у кратері лазерної плазми, одержання порошків розпиленням розчинів, що містять матеріал порошку. Так, зменшення розмірів часток армуючого матеріалу від 100 до 20 нм вдається підвищити міцність композиційних матеріалів в 5 разів. Продуктивність механічних способів одержання порошків значно підвищується при впровадженні високоенергетичних подрібнювачів. У цих млинах можливе одержання композиційних порошків, різних матеріалів, що складаються з тонкої суміші.

Для самостійного вивчення даної теми пропонується література, що приводиться нижче.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Солнцев Ю.П. Специальные материалы в машиностроении. / Ю.П. Солнцев, Е.И. Пряхин, В.Ю. Пирайнен – СПб.: Химиздат, 2004. – 640 с.
2. Царенко О.М., Рябець С.І. Нариси з історії техніки та технологій: навч. посіб. / О.М. Царенко, С.І. Рябець – Кіровоград: РВВ КДПУ, 2009. – 502 с.
3. Копань В.С. Композиційні матеріали. – К.: Пульсари, 2004. – 194 с.
4. http://www.vashdom.ru/articles/plural_3.htm.
5. Сидоренко Ю.Н. Конструкционные и функциональные композиционные материалы./ Ю.Н. Сидоренко – Томск: Изд-во ТГУ, 2006. – 107 с.
6. Болтон У. Конструкционные материалы: металлы, сплавы, полимеры, керамика, композиты. / У. Болтон – М.: Издат. дом «Додэка–XXI», 2004. – 320 с.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Царенко Олег Миколайович – кандидат технічних наук, професор кафедри фізики та методики її викладання Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка.

Коло наукових інтересів: методологічні дослідження навчального процесу, інноваційні педагогічні технології навчання.

Назаренко Олександр Васильович – завідуючий лабораторією матеріалознавства кафедри технологічної освіти та загально-технічних дисциплін Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка.

Коло наукових інтересів: методика викладання технічних дисциплін.